

---

報告書(体育研究所プロジェクト研究)

---

## スピードスケート滑走能力に及ぼす発育・発達と性差の影響を探究

### Effects of growth and development and gender to skating performances in Japanese speed skaters.

熊川 大介, 角田 直也

Daisuke KUMAGAWA and Naoya TSUNODA

#### I. プロジェクト課題と研究概要

##### 1. プロジェクト課題:

スピードスケート滑走能力に及ぼす発育・発達と性差の影響を探究

##### 2. プロジェクト研究概要:

本プロジェクトでは、発育期スピードスケート選手における競技能力と体力的特性との関わりについて、1) スピードスケートの滑走能力に関わる全身及び下肢筋群の形態及び機能的要因、2) 滑走能力と下肢筋群の形態及び機能的特性に及ぼす発育発達の影響、3) 滑走能力と下肢筋群の形態及び機能における性差の影響、から検討した。2) の研究課題については、滑走能力とそれに関わる体力特性の暦年齢的及び生物学的な発育・発達傾向を明らかにし、国内外の学会等で報告した。また、3) の課題では、種目別トレーニングにおけるトレーナビリティの性差について検討し、国内の学会で研究成果を報告した。

そこで本報では、1) の研究課題について、発育の影響との関連から検討する。

#### II. プロジェクトの研究成果概要

##### I. 滑走能力と大腿部の筋厚及び最大パワー発揮能力との関係における年齢差

##### 1. 緒言

スピードスケート滑走は、比較的単調な脚の伸展運動を競技開始から終了まで繰り返すことが主体とされている。このような競技特性を考慮すると、滑走能力は氷上を滑走する技術に加えて、下肢筋群における高いパワー発揮能力が要求されることが考えられる。先行研究によれば、スピードスケート選手の全身の骨格筋量は一般成人に比べて多く<sup>9) 11)</sup>、かつ競技成績の優れる選手ほど筋量の発達が著しいことが明らかにされている<sup>13)</sup>。従って、スピードスケート選手の体力トレーニングの主要な目的の1つとしては、筋肥大によるパワー発揮能力の増加が考えられている<sup>7)</sup>。

金久<sup>5)</sup>や角田<sup>12)</sup>によれば、スピードスケート選手は男女とも大腿筋群の横断面積が他のスポーツ選手と比較して大きく、中でも外側広筋の発達が著しいことを報告している。即ち、スピードスケート競技におけるトレーニングの効果は、主として大腿四頭筋を中心に現れることが考えられる。しかしながら、これまでに男女の下肢筋群の量及

び発揮する筋パワーが競技能力に及ぼす影響について、年代別に比較した報告はみられない。下肢における筋量及び機能を直接とらえ、年代別に競技能力に対する影響を明らかにすることは、年齢及び性に応じた体力トレーニングプログラムを作成するうえで有用であると考えられる。

そこで本研究では、男女ジュニアスピードスケート選手を対象として、滑走能力に及ぼす下肢筋群の形態及び最大パワー発揮能力の影響を、年代ごとに比較検討することを目的とした。

## 2. 方 法

### 1) 被検者

本研究では、群馬県スケート連盟に所属する10歳から18歳までのジュニアスピードスケート選手、男子93名、女子68名、計161名を対象とした。全被検者は、年間を通じてスピードスケート競技の種目別トレーニングを行っていた。本研究では、男女ともに小学生選手、中学生選手及び高校生選手の3つのグループに分類した。各群の被検者数、身体的特性及び競技成績は平均値と標準偏差値で

Table 1に示した。なお、本研究の測定は、8月に実施した。従って、トレーニングの内容は、体力向上をねらいとした陸上トレーニングが主体となる時期であった<sup>9)</sup>。

全ての被検者及びその保護者には、研究の目的及び内容等について十分説明し、本研究への任意による参加の同意を得た。また、本研究は国土舘大学体育学部研究倫理委員会の審査を受けて実施した。

### 2) 筋形態の測定

本研究の筋形態としては、大腿部における筋厚を対象とした。筋厚の計測は、超音波B-mode法(Echo Camera SSD-900CL, ALOKA社製)を用いて、超音波周波数7.5MHzで行った。測定部位は、右側の大腿部前面(MTA)及び外側面(MTL)であり、大腿長の50%に相当する位置をそれぞれ計測した。いずれの部位も皮下脂肪組織と筋組織の境界を示す反射波から大腿骨までの距離をそれぞれ筋厚とした。なお、大腿長は大転子から脛骨点までの距離を巻尺を使用して測定した。

表1 被検者の身体的特性

群	年齢 (歳)	身長 (cm)	体重 (kg)	体脂肪率 (%)	BMI
小学生	11.0±0.9	143.2±6.8	35.8±6.4	16.6±3.7	17.4±2.2
中学生	14.1±0.8	162.4±9.2	51.9±10.6	16.6±4.6	19.5±2.5
高校生	16.9±0.7	170.9±4.2	62.7±5.3	18.2±4.0	21.5±1.8
小学生	11.0±1.0	146.5±7.9	36.8±6.0	16.7±3.3	17.0±1.6
中学生	13.6±0.8	155.5±5.0	47.0±6.3	21.7±4.1	19.4±2.0
高校生	16.6±0.6	158.7±4.2	57.2±5.1	27.4±4.3	22.7±2.0

平均値±標準偏差

### 3) 最大パワー発揮能力の測定

本研究における最大パワー発揮能力は、自転車の全力ペダリングによる無酸素性パワーを対象とした。無酸素性パワーの測定は、通常のトレーニング前に実施しているウォーミングアップの後に、電磁ブレーキ式自転車エルゴメーター (POWER MAX V II, COMBI社製) を使用して実施した。本研究では、宮下<sup>6)</sup>の方法に従い、負荷を変えることによる10秒間の全力ペダリングを2分間の休憩をはさんで3回行わせた。3回の全力ペダリングより得られた負荷と最大ペダル回転数との直線から推定されたパワーの最高値を最大無酸素パワー値 (Maximal anaerobic power, MAP) として採用した。

### 4) 滑走能力

滑走能力としては、測定年度における公式競技会で記録された500m最高記録を秒速に変換した

平均滑走速度 (Skating velocity, SV) で評価した。

### 5) 統計処理

本研究における相関係数は、ピアソンの相関分析によって求めた。統計処理の有意性は危険率5%未満で判定した。

## 3. 結果と論議

Fig. 1は、各群における500m平均滑走速度と大腿部前面及び外側面の筋厚との関係を男女別に示したものである。男子の小学生は、SVとMTA及びMTLとの間に有意な相関関係は認められなかった。中学生及び高校生の群では、両者の間にそれぞれ有意な相関関係が認められた ( $p < 0.05$ )。一方、女子のMTAは、小学生と中学生の群においてSVとの間に有意な相関関係が認められたが、

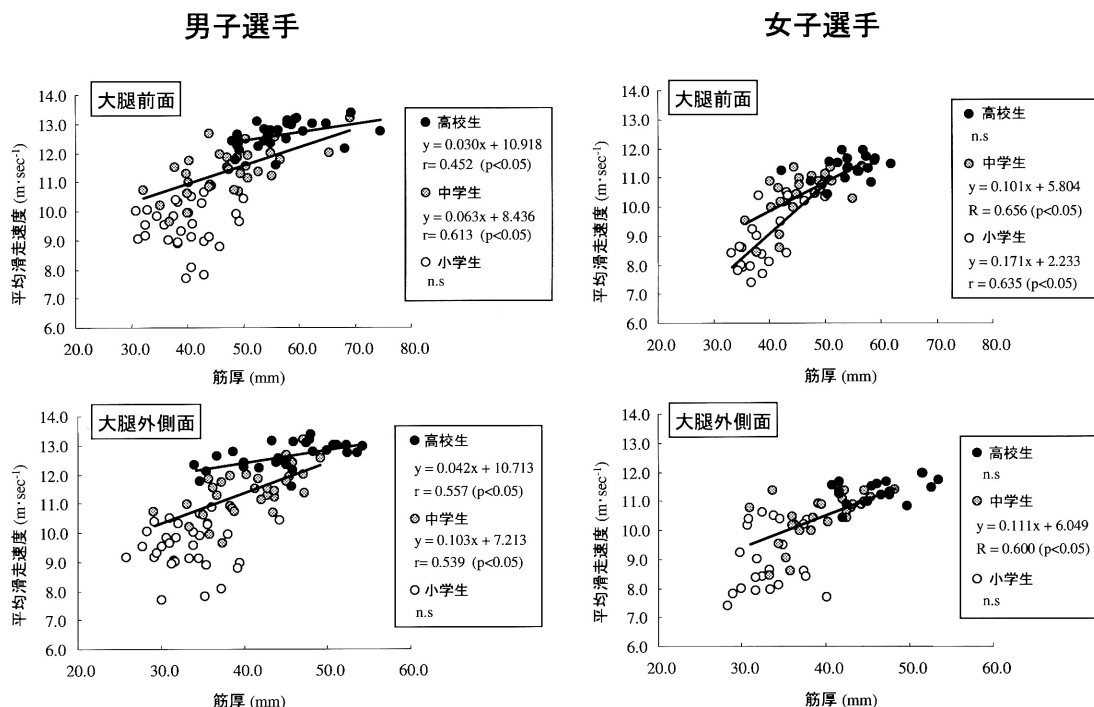


図1 平均滑走速度と大腿部の筋厚との関係

高校生の群では一様な関係は認められなかった。この結果は、スピードスケート短距離種目の競技成績に対する大腿部の筋量（筋厚）の貢献度が、年代や性によって異なる事を意味するものである。本研究で計測した筋厚は、大腿部の前面及び外側面であり、膝関節の伸筋群を捉えていた。スピードスケート滑走中における膝伸展筋群（KE）の活動様相を明らかにしたde Koning et al<sup>1)</sup>の報告によれば、キック脚におけるKEは、特にpush-off期においてコンセントリックな収縮と考えられる筋活動がみられ、さらに、片脚支持期においてはアイソメトリックな筋活動が主として行われるという。従って、滑走能力に対するKEの役割としては、1ストロークにおけるパワー発揮及びスケートティングポジションの支持が考えられる。また、Kanehisa et al<sup>3)</sup>は、スピードスケート選手の単発的なKEの等速性筋出力やその持続能力は一般男性よりも著しく優れる事を明らかにしている。さらにKanehisa et al<sup>2)</sup>によれば、運動を行っていない被検者に対する筋出力の持続能力の差異は、ジュニア選手において大きいことを明らかにしている。このことは、大腿筋群の筋機能に対するスピードスケートトレーニングの効果は、成人選手よりもジュニア選手において大きい可能性を示唆するものである。従って、これらの結果を考慮すると、男子では中学生及び高校生期において、

また、女子では小中学生期において筋量や筋出力といった体力的要素が滑走能力に及ぼす影響がピークになるものと推察できる。

Fig. 2では、最大無酸素パワーと滑走速度との相関関係を年代別に示した。男子における両者の関係は小学生（ $r=0.508$ ,  $p<0.05$ ）、中学生（ $r=0.890$ ,  $p<0.05$ ）及び高校生（ $r=0.692$ ,  $p<0.05$ ）ともに有意な相関関係が認められた。根本<sup>7)</sup>は、小学生から五輪候補選手までのスピードスケート選手における等速性膝伸展筋力と500m滑走記録との関係を年代別に検討したところ、特に中学生及び高校生において両者の関係が顕著であったことを報告している。本研究の男子選手においては、MAP-SV関係における相関係数が最も高い値を示した群は中学生であり、先の報告を支持する結果であった。一方、女子選手における両者の関係をみると、小学生（ $r=0.884$ ,  $p<0.01$ ）と中学生（ $r=0.790$ ,  $p<0.01$ ）では1%水準で有意な相関関係が認められたが、高校生では一様な関係は認められなかった。本研究における男子中学生および女子小学生に相当する年齢は、男子が14.1歳、女子は11.0歳であった。この年齢は、一般に身長発育がピークになる年齢とほぼ一致する<sup>8)</sup>。さらにこの時期は第二次性徴期に相当し<sup>10)</sup>、女子においても男性ホルモンが分泌され、筋の形態や機能が著しく発達する事が明らかにされている。従って、

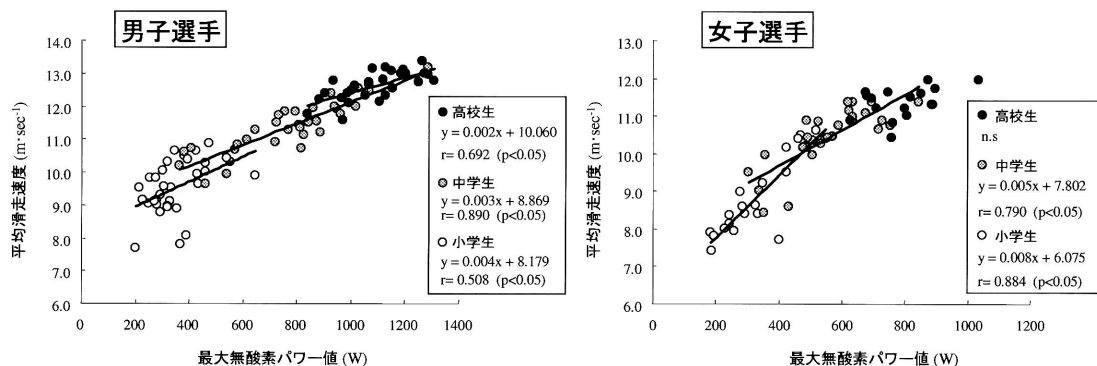


図2 平均滑走速度と最大無酸素パワー値との関係

最大無酸素パワーが滑走能力に及ぼす影響は、男女ともに筋骨格系の成長が著しい時期において最も強いことが考えられる。換言すれば、それ以外の年齢では筋量や機能といった体力的要素よりも、むしろ氷上滑走技術の影響が滑走能力に関わるものと推察できる。

#### 4. 要 約

本研究では、男女ジュニアスピードスケート選手を対象として、滑走能力に及ぼす下肢筋群の形態及び最大パワー発揮能力の影響を、年代ごとに比較検討した。

その結果は次のとおりであった。

- 1) 男子選手は、中学生及び高校生期において大腿部の筋厚が滑走能力に及ぼす影響がピークになることが明らかになった。
- 2) 高校生女子選手における大腿部前面及び外側面の筋厚と滑走能力との間には有意な相関関係が認められなかった。
- 3) 最大無酸素パワーが滑走能力に及ぼす影響は、男子は中学生期において、女子では小学生期において最も強い事が考えられた。

本研究は、国士舘大学体育学部附属体育学研究所の2006年度研究助成によって実施した。

#### 引用・参考文献

- 1) de Koning J. J., de Groot G., van Ingen Schenau G. J. (1991). Coordination of leg muscles during speed skating. *J Biomech.* 24(2) : 137-46.
- 2) Kanehisa H., Nemoto I., Fukunaga T. (2001). Strength capabilities of knee extensor muscles in junior speed skaters. *J Sports Med Phys Fitness.* 41(1) : 46-53.
- 3) Kanehisa H., Nemoto I., Okuyama H., Ikegawa S., Fukunaga T. (1996). Force generation capacity of knee extensor muscles in speed skaters. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 73(6) : 544-51.
- 4) 金久博昭, 根本勇, 角田直也, 福永哲夫 (1983). スピード・スケート選手の陸上トレーニングが身体組成、大腿部組成および筋出力に与える影響. *Jpn. J. Sports Sci.* 2 : 905-911.
- 5) 金久博昭, 福永哲夫, 池川繁樹, 石田良恵 (1986). 陸上競技 (短・中・長距離), バレーボールおよびスピード・スケート選手の筋断面積における性差. *Jpn J Sports Sci.* 5 : 662-668.
- 6) 宮下充正 (1985). カナダのスポーツ選手の体力を測る. *Jpn. J. Sports Sci.* 4 : 591-597.
- 7) 根本勇 (1983). 速く滑るスピード・スケーター. *Jpn J Sports Sci* 2 : 921-934.
- 8) Philippaerts R M., Vaeyens R., Janssens M., Van Renterghem B., Matthys D., Craen R., Bourgeois J., Vrijens J., Beunen G., Malina R. M. (2006). The relationship between peak height velocity and physical performance in youth soccer players. *J Sports Sci.* 24(3) : 221-30.
- 9) Pollock M. L., Foster C., Anholm J., Hare J., Farrell P., Maksud M., Jackson A. S. (1982). Body composition of Olympic speed skating candidates. *Res Q Exerc Sport.* 53(2) : 150-155.
- 10) Rutenfranz J., Andersen K.L., Seliger F., Berndt I., Ruppel M. (1981). Maximum aerobic power and body composition during the puberty growth period: similarities and differences between children of two European countries. *Eur J Pediatr.* 136(2) : 123-33.
- 11) Sovak D. and Hawes M. R. (1987). Anthropological status of international calibre speed skaters. *J. Sports Sci.* 5(3) : 287-304.
- 12) 角田直也, 金久博昭, 福永哲夫, 近藤正勝, 池川繁樹 (1986) 大腿四頭筋断面積における各種競技選手の特徴. *体力科学.* 35(4) : 192-199.
- 13) van Ingen Schenau G. J. and de Groot G. (1983). On the origin of differences in performance level between elite male and female speed skaters. *Hum Mov Sci.* 2 : 151-159.